

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-102623

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/205
H01S 5/323

(21)Application number : 11-278714

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 30.09.1999

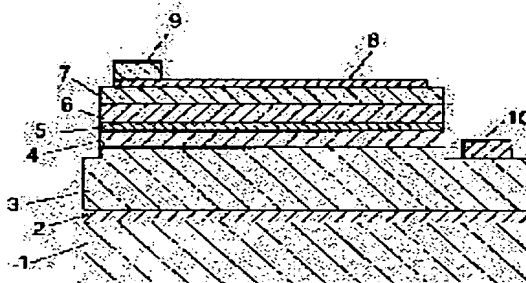
(72)Inventor : KAMEI HIDENORI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND FABRICATION THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride semiconductor light emitting element having a high emission efficiency and a low working voltage realized through good ohmic contact, and a fabrication method thereof.

SOLUTION: In the p-type layer of a nitride semiconductor light emitting element, activation rate of p-type impurities is increased by decreasing hydrogen concentration during growth of a p-type clad layer 6 and crystallinity is recovered by increasing hydrogen concentration during growth of a p-type contact layer 7 thus balancing the electrical characteristics and crystallinity of the p-type layer totally.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-102623

(P2001-102623A)

(43)公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	5 F 0 4 1
21/205		21/205	5 F 0 4 5
H 0 1 S 5/323		H 0 1 S 5/323	5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-278714

(22)出願日 平成11年9月30日(1999.9.30)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 亀井 英徳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

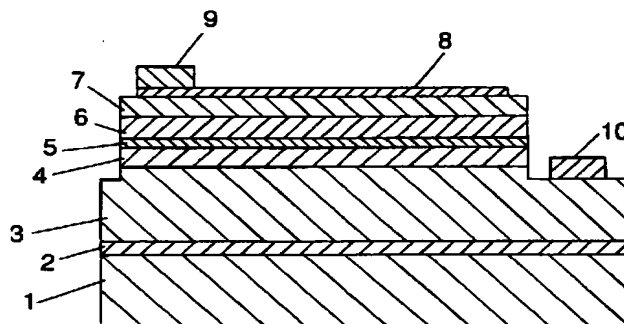
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化物半導体発光素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 発光効率が高くしかも良好なオーミック接触の実現によって動作電圧が低い窒化物半導体発光素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 窒化物半導体発光素子のp型層において、p型クラッド層6の成長時の水素濃度を小さくして、p型不純物の活性化率を高め、p型コンタクト層7の成長時の水素濃度を大きくして、結晶性を回復することで、p型層における電気的特性と結晶性の調和を総合的に図る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型層と発光層とp型層とを順に有し、前記p型層を少なくとも2つのp型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子であって、前記発光層に接する側の第1のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が、前記第1のp型の層よりも前記発光層から遠い側に積層された第2のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 n型層と発光層とp型層とを順に有し、前記p型層を少なくとも2つのp型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子の製造方法であって、少なくとも前記p型層が有機金属気相成長法により成長され、前記発光層に接する側の第1のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が、前記第1のp型の層よりも前記発光層から遠い側に設けられる第2のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオードや半導体レーザダイオード等の光デバイスに利用される窒化物半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 3族元素としてAl、Ga、In等を含み、5族元素としてN等を含むAlGaInNで表される窒化物半導体は、可視光発光デバイスや高温動作電子デバイス用の半導体材料として近來多用されるようになった。そして、特に、青色や緑色の発光ダイオードの分野での実用化や青紫色のレーザダイオードの分野での展開が進んでいる。

【0003】 この窒化物半導体を用いた発光素子の製造においては、有機金属気相成長法によって窒化物半導体薄膜結晶を成長させるのが近來では主流である。この方法は、たとえば光透過性のサファイアやSiC及びGaN等からなる基板を設置した反応管内に3族元素の原料ガスとして有機金属化合物ガス（トリメチルガリウム（以下、「TMG」と略称する。）、トリメチルアルミニウム（以下、「TMA」と略称する。）、トリメチルインジウム（以下、「TMI」と略称する。）等）と、5族元素の原料ガスとしてアンモニアやヒドラジン等を供給し、基板温度をおよそ700℃～1100℃の高温で保持して、基板上にn型層と発光層とp型層とを成長させてこれらを積層形成するというものである。n型層の成長時にはn型不純物原料ガスとしてモノシラン（SiH₄）やゲルマン（GeH₄）等を、p型層の成長時にはp型不純物原料ガスとしてシクロペンタジエニルマグネシウム（C₅H₅Mg）やジメチル亜鉛（Zn（CH₃）₂）等を3族元素の原料ガスと同時に流しながら成長さ

せる。

【0004】 そして、基板上への窒化物半導体薄膜結晶の成長形成の後に、n型層の表面及びp型層の表面のそれぞれにn側電極及びp側電極をたとえば金属蒸着法によって形成し、ダイシング工程でチップ状に分離することによって、発光素子を得ることができる。

【0005】 窒化物半導体は、従来ではp型伝導が得られ難くかったが、近年になって電子線照射法やアニール法により、p型伝導の制御が可能となった。すなわち、p型不純物をドーブした窒化物半導体を成長した後、電子線照射法やアニール法により、p型不純物と結合してp型不純物を不活性化している水素とp型不純物との結合を切り、更に窒化物半導体中から水素を放出することで、p型不純物を活性化してアクセプターとして機能させて、窒化物半導体をp型化できる。特に、アニール法は、設備的に簡便であるほか、窒化物半導体のp型化のための所要時間も短く、しかも窒化物半導体の深さ方向にも均一にp型化できるので、実用的な製造方法とされている。

【0006】 しかしながら、このアニール法においては、熱処理の際に窒化物半導体の表面から酸素や炭素等の不純物が窒化物半導体膜中に侵入しやすく、特に表面付近に不純物が多く存在することになる。また、p型不純物と水素の結合を切って水素を薄膜結晶の中から追い出すことになるが、この水素の完全な追い出しは不可能であり、窒化物半導体の表面付近に水素が偏在するようになることは避けられない。このように表面付近に水素や酸素及び炭素等が偏在するp型窒化物半導体に電極を形成すると、良好なオーミック特性を有する電極が形成できないという問題があった。

【0007】 この問題を解決するため、たとえば特開平10-135575号公報には、p型不純物をドーブした窒化物半導体の有機金属気相成長中に、反応管の雰囲気ガスにキャリアガスとして含まれる水素の量を低減することによって、p型不純物と水素の結合の形成を抑制し、成長後に何らの処理もせずにp型伝導を得る方法が提案されている。また、Appl. Phys. Lett., Vol. 72 No. 14 p. 1748 (1998) には、同一研究グループによる詳細な実験結果が示されており、水素濃度が2.4%以下で良好なp型が得られている。なお、この報告によれば、水素濃度が3.7%以下では水素による不活性化が生じているとされている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記のようにキャリアガス中の水素濃度が小さい条件で窒化物半導体を成長させると、半導体結晶表面での原子のマイグレーションが抑制され、水素濃度が高い場合に比べて結晶性が劣化しやすい。したがって、キャリアガス中の水素濃度が小さい条件で一律にp型層全体を形成する

と、特に p 型層の上層部において結晶性が低下してしまう。その結果、p 型層の最表面に形成する p 側電極との間で良好なオーミック接触が得られにくく、素子の発光特性に悪影響を及ぼすという問題がある。

【0009】本発明において解決すべき課題は、p 型層における p 型電気特性と結晶性の調和を総合的に図り、発光特性に優れ、良好なオーミック接触が実現できる窒化物発光素子を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者は、窒化物半導体発光素子における p 型層の構成について鋭意検討を行った。その結果、p 型層を少なくとも二つの層で形成し、発光層に接する側に設けられた第 1 の p 型の層を水素濃度の小さい雰囲気ガス中で成長させ、第 1 の p 型層よりも発光層から遠い側に設ける第 2 の p 型の層を第 1 の p 型の層よりも水素濃度の大きい雰囲気ガス中で成長させることにより、第 1 の p 型の層では p 型不純物の活性化率が高いので正孔濃度を高く保つことができ、第 2 の p 型の層では第 1 の p 型の層で劣化した結晶性を回復できることを見出した。

【0011】このような構成によれば、p 型層における p 型電気特性と結晶性を両立した発光素子の実現が可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】請求項 1 に記載の発明は、n 型層と発光層と p 型層とを順に有し、前記 p 型層を少なくとも 2 つの p 型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子であって、前記発光層に接する側の第 1 の p 型の層内に存在する p 型不純物元素に対する水素元素の比率が、前記第 1 の p 型の層よりも前記発光層から遠い側に積層された第 2 の p 型の層内に存在する p 型不純物元素に対する水素元素の比率より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子であり、第 1 の p 型の層において p 型不純物の活性化率を高くすることができ、第 2 の p 型の層において第 1 の p 型の層よりも結晶性を高めることができるという作用を有する。

【0013】請求項 2 に記載の発明は、n 型層と発光層と p 型層とを順に有し、前記 p 型層を少なくとも 2 つの p 型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子の製造方法であって、少なくとも前記 p 型層が有機金属気相成長法により成長され、前記発光層に接する側の第 1 の p 型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が、前記第 1 の p 型の層よりも前記発光層から遠い側に設けられる第 2 の p 型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法であり、第 1 の p 型の層において p 型不純物の活性化率を高く保つことができ、第 2 の p 型の層において第 1 の p 型の層で劣化した結晶性を回復することができるという作用を有する。

【0014】以下に、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。

【0015】図 1 は本発明の一実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図である。

【0016】図 1 において、基板 1 の上に、バッファ層 2 を介して、n 型コンタクト層 3 と、n 型クラッド層 4 と、発光層 5 と、第 1 の p 型の層としての p 型クラッド層 6 と、第 2 の p 型の層としての p 型コンタクト層 7 と、が順次積層されている。p 型コンタクト層 7 のほぼ全面に光透過性電極 8 が形成され、光透過性電極 8 の上にワイヤボンディングのための p 側電極 9 が形成されている。また、p 型コンタクト層 7 の一部の表面から n 型コンタクト層 3 に達する深さでエッチングされ、露出された n 型コンタクト層 3 の表面には n 側電極 10 が形成されている。

【0017】基板 1 には、サファイアや GaN 及び SiC 等を使用することができる。

【0018】バッファ層 2 には、GaN、AlN、AlGa_{1-a}N、InGa_{1-b}N 等を用いることができ、例えば、900℃以下の温度で、数 nm から数 10 nm の厚さで形成されたものを好ましく用いることができる。なお、バッファ層 2 は、基板 1 とその上に形成される窒化物半導体からなる積層構造との間の格子不整合を緩和する作用を有するものであるため、GaN のように、その上に形成される窒化物半導体との格子定数が近い基板を用いる場合は、成長方法や成長条件にもよるが、バッファ層 2 の形成を省略することも可能である。

【0019】n 型コンタクト層 3 は、窒化物半導体で形成されたもので、特に GaN や AlGa_{1-a}N で形成されることが好ましい。窒化物半導体は、n 型不純物がドーピングされていないアンドープの状態でも n 型導電型を示す傾向にあるが、特に n 側電極 10 を設けるための n 型コンタクト層として用いる場合には、Si や Ge 等の n 型不純物がドーピングされた GaN を用いることで、電子濃度が高い n 型層が得られ、n 側電極 10 との接触抵抗を小さくすることが可能である。

【0020】n 型クラッド層 4 は、窒化物半導体で形成され、Si や Ge 等の n 型不純物がドーピングされた Al_aGa_{1-a}N (但し、0 ≤ a ≤ 1) で形成されることが好ましいが、発光ダイオードの場合には、n 型クラッド層 4 の形成を省略することも可能である。

【0021】発光層 5 は、n 型クラッド層 4 のバンドギャップより小さいバンドギャップを有する窒化物半導体で形成される。特に、インジウムを含む窒化物半導体、すなわち In_pAl_{1-q}Ga_{1-p-q}N (但し、0 < p ≤ 1、0 ≤ q ≤ 1、0 < p + q ≤ 1) で形成され、その中でも In_bGa_{1-b}N (但し、0 < b < 1) で形成されることが好ましい。(以下、本明細書において、「In_bGa_{1-b}N」または同様に添字を伴った表現により示される

窒化物半導体を単に「InGa_xN」ということがあ
る。) 発光層5は、n型不純物とp型不純物を同時に、
またはそれらのいずれか一方のみをドーピングすることによ
り所望の発光波長を得る構成とすることもできるが、膜
厚を約10nm以下と薄くした層を用いて量子井戸構造
とした構成とすることにより、色純度が良くかつ発光効
率の高い発光層5とすることが特に好ましい。発光層5
を量子井戸構造とする場合、InGa_xNからなる井戸層
を、この井戸層よりもバンドギャップの大きな障壁層で
挟んだ単一量子井戸構造としてもよく、この場合には、
障壁層を発光層の両側に形成されるp型およびn型クラ
ッド層で兼用することが可能である。また、井戸層と障
壁層を交互に積層させた多重量子井戸構造としてもよ
い。

【0022】第1のp型の層であるp型クラッド層6
は、発光層5のバンドギャップよりも大きいバンドギャ
ップを有する窒化物半導体で形成されたものであり、p
型不純物がドーピングされたIn_uAl_vGa_{1-u-v}N (但
し、 $0 \leq u < 1$ 、 $0 \leq v < 1$ 、 $0 \leq u + v < 1$) で形成
されることが好ましい。通常、p型クラッド層6は、結
晶性良く成長させるために、発光層5の成長に適した温
度よりも高い成長温度で形成されることが多い。このた
め、発光層5の成長後にp型クラッド層6の成長に適し
た温度まで昇温させる間に、発光層5を構成するインジ
ウムや窒素等の構成元素の解離等により発光層5の結晶
性の劣化を生じることがある。そこで、p型クラッド層
6の発光層5に接する側の一部を、発光層5を成長後に
昇温させながら連続して成長させて形成し、p型クラ
ッド層6の成長温度において、引き続き残りのp型クラ
ッド層6を成長させると、発光層5の結晶性の劣化を効
果的に防止することが可能となる。このとき、昇温させ
ながら成長させるp型クラッド層6の一部は、In_xAl_yGa_{1-x-y}N (但し、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $0 \leq x + y < 1$ 、 $x < y$)、特にGa_xNで形成されることが
好ましい。これは、発光層5に接して形成されてクラ
ッド層としての作用を十分達成することができると同時
に、発光層5の構成元素の解離等による結晶性の劣化を
防止する効果を高めることができるからである。なお、
p型クラッド層6にドーピングするp型不純物としては、M
g、Zn、Be、Cdなどが使用できるが、これらの中
でも容易にp型伝導が得られやす取り扱いも簡単なMg
を使用することが好ましい。

【0023】第2のp型の層であるp型コンタクト層7
は、p型不純物がドーピングされた窒化物半導体で形成され
たものである。特に、p型コンタクト層7の表面上に形
成されるp側電極9との接触抵抗を低減させるために、
p型クラッド層6よりもバンドギャップが小さく、Mg
等のp型不純物がドーピングされたIn_cGa_{1-c}N (但し、 $0 \leq c \leq 1$) で形成することが好ましい。なお、p型コ
ンタクト層7にドーピングするp型不純物としては、Mg、

Zn、Be、Cd等が使用できるが、容易にp型伝導が
得られやす取り扱いも容易なMgを使用することが好
ましい。

【0024】ここで、p型クラッド層6とp型コンタ
クト層7は、有機金属気相成長法による成長時に、p型ク
ラッド層6を成長する際に反応管内に供給する全ガス中
の水素濃度が、p型コンタクト層7を成長する際に反
応管内に供給する全ガス中の水素濃度より小さくなるよう
に成長させる。このような操作により、p型クラッド層
6におけるp型不純物元素に対する水素元素の比率が、
p型コンタクト層7におけるp型不純物元素に対する水
素元素の比率より小さくなるように調整することが必要
である。

【0025】p型クラッド層6の成長時の反応管内の雰
囲気ガス中の水素濃度は、0%~20%の範囲とすること
ができるが、より好ましくは、0%~5%である。水
素濃度を0%~5%の範囲にすることにより、気相成長
膜中におけるp型不純物元素に対する水素元素の比率を
概略0.5以下に抑えることができ、p型不純物がアク
セプターとして活性化されやすい。

【0026】一方、p型コンタクト層7の成長時の反
応管内の雰囲気ガス中の水素濃度は、0%~50%の範囲
とすることができ、より好ましくは10%~20%であ
る。水素濃度をこの範囲にすることにより、気相成長膜
中におけるp型不純物元素に対する水素元素の比率を概
略1以下に抑えて、p型不純物がアクセプターとして活
性化されやすくと同時に、気相成長膜の膜成長時の
表面での原子のマイグレーションを促進し、気相成長
膜の結晶性を高めることができる。

【0027】このようなp型クラッド層6及びp型コ
ンタクト層7の成長形成では、これらの2層からなるp型
層において、p型不純物の活性化率を高めることができ
ると同時に、高い正孔濃度を維持できる。特に、p型ク
ラッド層6では、p型不純物の活性化率をより高くする
ことができるので、このp型クラッド層6に接している
発光層5への正孔の注入効率が高くなり、更に発光層5
からp型クラッド層6への電子の漏れ出しを抑制する
という作用が高まり、発光効率を向上し得る。

【0028】また、p型クラッド層6の成長時に水素濃
度を小さくすると、結晶性は低下する傾向にあるとされ
ている。これに対し、p型クラッド層6の成長時に低下
した結晶性は、その上に積層したp型コンタクト層7に
おいて回復させることができる。したがって、p型コ
ンタクト層7の表面上に形成する電極すなわち光透過性電
極8及びp側電極9との間のオーミック接触抵抗を小さ
く抑えることができ、素子の動作電圧を低減し、信頼性
を高めることができるという効果がある。

【0029】なお、以上のようにして基板1の上に成長
形成された窒化物半導体からなる積層構造については、
成長後にp型不純物の活性化のためのアニール等を別途

に行う必要はない。しかし、もしアニールする場合は、酸素や炭素による汚染を防ぐために、清浄な雰囲気かつ短時間でこのアニールを行う必要がある。

【0030】

【実施例】以下、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法の具体例について図2を参照しながら説明する。

【0031】まず、表面を鏡面に仕上げられたサファイアの基板1を反応管内の基板ホルダーに載置した後、基板1の温度を1000℃に保ち、窒素を5リットル/分及び水素を5リットル/分で流しながら基板を10分間加熱して、基板1の表面に付着している有機物等の汚れや水分を取り除いた。

【0032】次に、基板1の温度を550℃にまで降下させ、キャリアガスとして窒素を16リットル/分で流しながら、アンモニアを4リットル/分及びTMGを40 μmol /分、で供給して、Ga_{0.9}Nからなるバッファ層2を25nmの厚さで成長させた。

【0033】次に、TMGの供給を止めて基板1の温度を1050℃まで昇温させた後、キャリアガスとして窒素を13リットル/分及び水素を3リットル/分で流しながら、アンモニアを4リットル/分、TMGを80 μmol /分、10ppm希釈のSiH₄を10cc/分、で供給して、SiをドーブしたGa_{0.9}Nからなるn型コンタクト層3を2 μm の厚さで成長させた。このようにして成長したn型コンタクト層3の電子濃度は、 $1.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であった。

【0034】n型コンタクト層3を成長後、TMGとSiH₄の供給を止め、基板1の温度を750℃にまで降下させ、この温度に維持して、キャリアガスとして窒素を14リットル/分で流しながら、アンモニアを6リットル/分、TMGを4 μmol /分、TMIを5 μmol /分で供給して、アンドープのIn_{0.2}Ga_{0.8}Nからなる単一量子井戸構造の発光層5を2nmの厚さで成長させた。

【0035】発光層5の成長後、TMIの供給を止め、TMGを流しながら基板1の温度を1050℃に向けて昇温させながら、引き続きアンドープのGa_{0.9}N（図示せず）を4nmの厚さで成長させ、基板1の温度が1050℃に達したら、キャリアガスとして窒素を17.2リットル/分及び水素を0.8リットル/分で流しながら、アンモニアを2リットル/分、TMGを40 μmol /分、TMAを3 μmol /分、Cp₂Mgを0.1 μmol /分、で供給して、MgをドーブさせたAl_{0.05}Ga_{0.95}Nからなるp型クラッド層6を0.2 μm の厚さで成長させた。このとき、反応管内における雰囲気ガス中の水素の濃度は4%であった。このようにして成長したp型クラッド層5は、Mg濃度が $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 、水素濃度が $4 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ であった。

【0036】p型クラッド層6を成長後、TMAの供給を止め、キャリアガスとして窒素を13リットル/分及

び水素を3リットル/分で流しながら、アンモニアを4リットル/分、TMGを80 μmol /分、Cp₂Mgを0.2 μmol /分で供給して、MgをドーブさせたGa_{0.9}Nからなるp型コンタクト層7を0.3 μm の厚さで成長させた。このとき、反応管内における雰囲気ガス中の水素の濃度は15%であった。このようにして成長したp型コンタクト層7は、Mg濃度が $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 、水素濃度が $8 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ であった。

【0037】p型コンタクト層7を成長後、TMGとCp₂Mgの供給を止め、窒素を16リットル/分、アンモニアを4リットル/分で流しながら、基板1の温度を室温程度にまで冷却させて、基板1の上に窒化物半導体が積層されたウェハーを反応管から取り出した。

【0038】なお、以上の方法においては、有機金属化合物であるTMGと、TMI、TMA、Cp₂Mgはすべて水素キャリアガスによって気化することで、反応管に供給した。

【0039】このようにして形成した窒化ガリウム系化合物半導体からなる積層構造に対して、別途アニールを施すことなく、その表面上に蒸着法によりニッケル(Ni)と金(Au)をそれぞれ5nmの厚さで全面に積層した後、フォトリソグラフィ法とウェットエッチング法により、光透過性電極8を形成した。

【0040】この後、光透過性電極8と露出したp型コンタクト層7の上にCVD法によりSiO₂からなる絶縁膜（図示せず）を0.5 μm の厚さで堆積させ、フォトリソグラフィ法と反応性イオンエッチング法により、光透過性電極8を覆うと同時にp型コンタクト層7の表面の一部を露出させる絶縁膜からなるマスクを形成した。

【0041】次に、形成された絶縁膜のマスクを用いて、塩素系ガスを用いた反応性イオンエッチング法により、露出させたp型コンタクト層7の表面側から、p型コンタクト層7とp型クラッド層6と発光層5を約0.6 μm の深さで除去し、n型コンタクト層3の表面を露出させた。

【0042】上記の工程の後、一旦、絶縁膜のマスクをウェットエッチング法により除去して、蒸着法およびフォトリソグラフィ法により、光透過性電極8の表面上の一部と、露出させたn型コンタクト層3の表面の一部とに、0.1 μm 厚のチタン(Ti)と0.5 μm 厚のAuを積層して、それぞれp側電極9とn側電極10とした。その後、プラズマCVD法とフォトリソグラフィ法により、光透過性電極8の表面を被覆する0.2 μm 厚のSiO₂からなる絶縁性膜（図示せず）を形成した。

【0043】この後、サファイアの基板1の裏面を研磨して100 μm 程度にまで薄くし、スクライブによりチップ状に分離した。このチップを電極形成面側を上向きにしてステムに接着した後、チップのp側電極9とn側電極10をそれぞれステム上の電極にワイヤで結線し、

その後樹脂モールドして発光ダイオードを作製した。この発光ダイオードを20mAの順方向電流で駆動したところ、ピーク波長470nmの青色で発光した。このときの発光出力は2.0mWであり、順方向動作電圧は3.5Vであった。

【0044】（比較例1）比較のために、上記実施の形態において、p型コンタクト層7を成長する際に、キャリアガスとして窒素を15.2リットル/分及び水素を0.8リットル/分で流しながら、アンモニアを4リットル/分、TMGを80μmol/分、Cp₂Mgを0.2μmol/分で供給して、MgをドープさせたGaNからなるp型コンタクト層7を0.2μmの厚さで成長させた。このとき、反応管内における雰囲気ガス中の水素の濃度は、p型クラッド層6の成長時と同じく、4%であった。このようにして成長したp型コンタクト層7は、Mg濃度が $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 、水素濃度が $4 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ であった。これ以外は上記実施の形態と同様の手順で発光ダイオードを作製した。この発光ダイオードを20mAの順方向電流で駆動したところ、ピーク波長470nmで発光し、発光出力は1.0mWであり、順方向動作電圧は4.0Vであった。

【0045】実施の形態における窒化物半導体の積層構造におけるX線回折ロックングカーブの半値幅が280秒であったのに対して、比較例1の場合は半値幅が360秒と大きくなっており、結晶性が低下していた。

【0046】（比較例2）さらに比較のために、上記実施の形態において、p型クラッド層6を成長する際に、キャリアガスとして窒素と水素を各々15リットル/分と3リットル/分で流しながら、アンモニアを2リットル/分、TMGを40μmol/分、TMAを3μmol/分、Cp₂Mgを0.1μmol/分、で供給して、MgをドープさせたAl_{0.05}Ga_{0.95}Nからなるp型クラッド層6を0.2μmの厚さで成長させた。このとき、反応管内における雰囲気ガス中の水素の濃度は、p型コンタクト層7と同じく、15%であった。このようにして成長したp型クラッド層6は、Mg濃度が $1 \times$

$10^{20}/\text{cm}^3$ 、水素濃度が $8 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ であった。これ以外は上記実施の形態と同様の手順で発光ダイオードを作製した。この発光ダイオードを20mAの順方向電流で駆動したところ、ピーク波長470nmで発光し、発光出力は0.8mWであり、順方向動作電圧は4.2Vであった。

【0047】比較例2における窒化物半導体の積層構造におけるX線回折ロックングカーブの半値幅が270秒であった。

10 【0048】

【発明の効果】本発明によれば、発光層に接する側の第1のp型の層の成長時の水素濃度を小さくすることでp型不純物の活性化率を高め、発光層から遠い側に設けられる第2のp型の層の成長時の水素濃度を第1のp型の層に比して大きくすることで結晶性を回復することができる。したがって、窒化物半導体発光素子において、発光出力を向上し得ると同時に動作電圧を低減できるほか、良好なオーミック接触が実現できる窒化物発光素子を提供することができる。

20 【図面の簡単な説明】

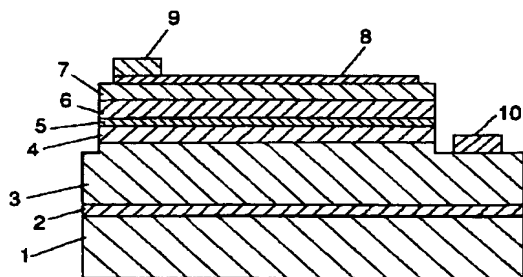
【図1】本発明の実施の形態1に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図

【図2】本発明の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図

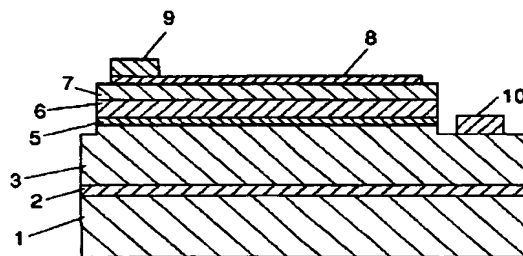
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 バッファ層
- 3 n型コンタクト層
- 4 n型クラッド層
- 5 発光層
- 6 p型クラッド層（第1のp型の層）
- 7 p型コンタクト層（第2のp型の層）
- 8 光透過性電極
- 9 p側電極
- 10 n側電極

【図1】



【図2】



【手続補正書】

【提出日】平成12年5月22日(2000.5.22)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型層と発光層とp型層とを順に有し、前記p型層を少なくとも2つのp型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子であって、前記発光層に接する側の第1のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が、前記第1のp型の層よりも前記発光層から遠い側に積層された第2のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記第1のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が0.5以下であり、前記第2のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が1以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 n型層と発光層とp型層とを順に有し、前記p型層を少なくとも2つのp型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子の製造方法であって、少なくとも前記p型層が有機金属気相成長法により成長され、前記発光層に接する側の第1のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が、前記第1のp型の層よりも前記発光層から遠い側に設けられる第2のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項4】 前記第1のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が0～20%であり、前記第2のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が0～50%であることを特徴とする請求項3に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の発明は、n型層と発光層とp型層とを順に有し、前記p型層を少なくとも2つのp型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光

素子であって、前記発光層に接する側の第1のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が、前記第1のp型の層よりも前記発光層から遠い側に積層された第2のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子であり、第1のp型の層においてp型不純物の活性化率を高くすることができ、第2のp型の層において第1のp型の層よりも結晶性を高めることができるという作用を有する。請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記第1のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が0.5以下であり、前記第2のp型の層内に存在するp型不純物元素に対する水素元素の比率が1以下であることを特徴とする窒化物半導体発光素子であり、第1のp型の層においてp型不純物の活性化率を高くすることができ、第2のp型の層において第1のp型の層よりも結晶性を高めることができるという作用を有する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】請求項3に記載の発明は、n型層と発光層とp型層とを順に有し、前記p型層を少なくとも2つのp型の層を含む積層体とした窒化物半導体発光素子の製造方法であって、少なくとも前記p型層が有機金属気相成長法により成長され、前記発光層に接する側の第1のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が、前記第1のp型の層よりも前記発光層から遠い側に設けられる第2のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度より小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法であり、第1のp型の層においてp型不純物の活性化率を高く保つことができ、第2のp型の層において第1のp型の層で劣化した結晶性を回復することができるという作用を有する。請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の発明において、前記第1のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が0～20%であり、前記第2のp型の層を成長する際に反応管内に供給する全ガス中の水素濃度が0～50%であることを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法であり、第1のp型の層においてp型不純物の活性化率を高く保つことができ、第2のp型の層において第1のp型の層で劣化した結晶性を回復することができるという作用を有する。

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA21 AA40 CA05 CA40
CA49 CA53 CA57 CA65 CA74
CA83 CA92 CA98
5F045 AA04 AB09 AB14 AB17 AB18
AB32 AC01 AC08 AC12 AD09
AD11 AD12 AD13 AD14 AF02
AF04 AF09 BB12 BB16 CA10
CA12 DA53 DA55 DA57 DA63
EB15 EE12 EE13
5F073 AA42 AA61 AA74 CA07 CB05
CB07 CB19 CB22 DA05 EA29